

ハフ変換による地質的線状模様の抽出

鳥取大学研究生 ○児玉 純一 鳥取大学工学部 藤村 尚
鳥取大学工学部 木山 英郎 西村 強 池添 保雄

1. はじめに 断層、節理などが地形に現われたリニアメント（線状模様）の把握はさまざまな土木工事、地盤災害に関する調査において必須の項目である。一般に地形判読は空中写真の立体視による目視判読によって行なわれる¹⁾。しかし大量の空中写真のモザイクは非常に手間のかかる作業であるため、広域を対象とする場合には、人工衛星リモートセンシングが適している。

本研究では、リモートセンシングを用いたリニアメント抽出の自動化の開発の第一段階として、ハフ変換から直線抽出を行う手法を用いて、簡単な曲線や代表的な断層地形モデルから直線抽出を試みた。

2. 人工衛星データの概念 人工衛星データは、地表の対象物から反射または放射される電磁波を捉えたものであり、その電磁波特性により、物体の識別やそれが置かれている環境条件を把握することができる²⁾。

なお、本研究で用いた人工衛星データは、ランドサット5号に搭載されているTMバンド1、3であり、バンド1、3の電磁波特性は土壌と植物の区別に適している。1985年5月8日鳥取県東部地域のデータを用いた。

3. リニアメント リニアメントとは、空中写真上また地形図で1マイル（1.6 km）以上の連続性をもった天然の地形をさす³⁾。リニアメントは、断層や破砕帯などの存在や地下構造を地形に表わすものである。しかし、現場踏査で調査しない限りリニアメントは線状模様と表現するのが普通である。

4. ハフ変換⁴⁾ ハフ変換は、画像中の線を抽出する手法である。対象画像は2値画像である。まず図1-1(a), (b)に示すようにxy平面上の画像と、画像とは別のuv座標系で表わされるuv平面を考える。背景を黒、線を白とした場合、画像を走査し白画素があれば、次式で表わされる曲線をuv平面に描く。

$$v = x_i \cdot \cos u + y_i \cdot \sin u \quad (1)$$

$$y = -(\cos u_0 / \sin u_0) x + v_0 / \sin u_0 \quad (1')$$

ここに、白画素の座標を (x_i, y_i) とし、uv平面の定義域を $0^\circ \leq u \leq 179^\circ$ とする。この処理を全画像中の白画素に行ない、白画素の数と同じ数のuv曲線を描く。uv平面において曲線のそれぞれの交点座標 (u_0, v_0) を(1')に代入するとxy座標での直線式が求まり、 (u, v) はxy座標の直線式の傾きと切片に関係する値であることがわかる。uv平面上の1つの交点で交わる曲線の本数の最多のものをその画像の頻度の最大とする。

上記のほかに2値化、エッジ抽出の手法があるがここでは、省略する。

5. 結果および考察 図-2からは解析結果を示す。図-2は、普通の直線の太さを3倍にしたものである。抽出図において線の端が広がっている。これは、斜めに点が連続した部分を抽出したものと考えられる。このことからハフ変換に使う原画像にはより先鋭な線の方が抽出線がはっきり抽出される。図-3は、デジタル画像で円を描画したので完全な円とはならず一部分が直線になり、頻度の最大の90%の抽出図

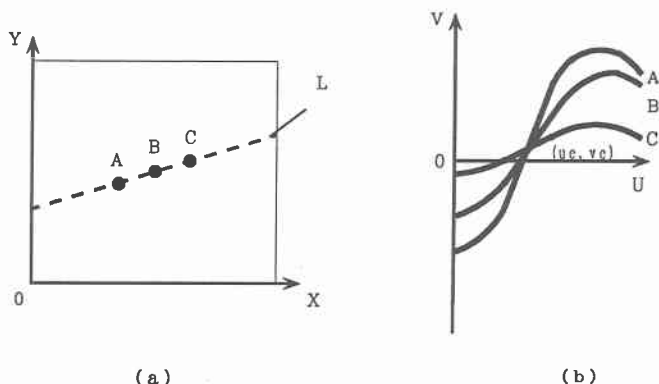


図 1

においても直線が抽出された。図-4は、2次曲線図である。頂点部分は線が抽出されにくいと頂点から離れるにつれ直線が徐々に抽出されている。ハフ変換は、原画像中に円形図形が入っていても直線抽出にはほ

と関係してこない。図-5～図-8の原画像は代表的なリニアメント（断層）の判読方法を示す模式図³⁾である。図-5, 6は代表的な水系が格子状または直線状を示す場合の解析例である。また図-7はケルンコル、ケルンバットの解析例である。図-8は稜線や川の流路にズレがある場合の解析例である。図-5, 6の河川形状の抽出結果がリニアメントとみられる位置に線状模様を抽出できていた。図-7, 8は、判読が難しい。原画像（図-9）は、解析対象地の水系図である。図-9からハフ変換によって直線抽出したものが図-10である。図-10は1本1本の直線が原画像のどの部分を表わしているかわかり難く、また1つの部分に対して複数の直線が抽出されている。これら2つのことに改良を加えた解析結果が図-11である。

参考文献 1) 日本地形学連合；地形学から工学への提言，古今書院，1996．6．13．2) 日本リモートセンシング研究会；図解リモートセンシング，社団法人日本測量協会，1994．4．15．3) 武田裕幸，今村 遼平；建設技術者のための 空中写真判読，共立出版株式会社，1976，5．1．4) 安居院猛，中嶋 正之，木見尻 秀子；C言語による画像処理，株式会社昭晃堂，1994．7．20．



図-2（頻度の最大 50 %）



図-3（頻度の最大 90 %）



図-4（頻度の最大 50 %）

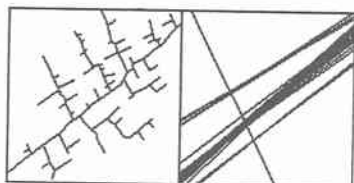


図-5（頻度の最大 50 %）



図-6（頻度の最大 50 %）



図-7（頻度の最大 90 %）



図-8（頻度の最大 50 %）

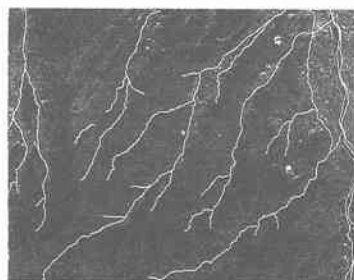


図-9 水系図

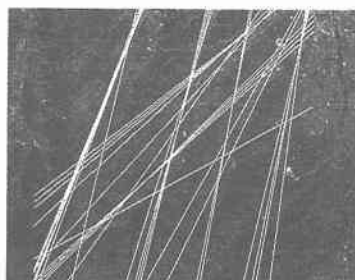


図-10 直線抽出図：頻度の最大 70 %

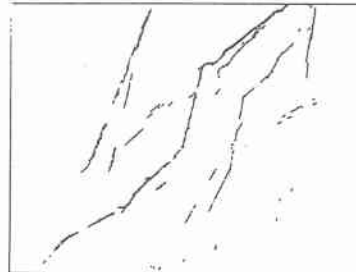


図-11